

関西大学総合情報学部 正会員 古田 均 関西大学工学部 学生員○ 堀川真也
関西大学工学部 正会員 堂垣正博

1. まえがき

今日、橋梁などの土木構造物には、機能性・安全性・経済性などに加え、景観も重要になりつつある。筆者らはここ数年、橋梁の色彩と周辺環境との関係に注目し、桁橋の景観設計支援システムを構築した。¹⁾

ここでは、従来の研究に加え、塗料の耐久性に注目し、桁橋の色彩景観設計を支援するシステムを再構築する。また、システムを運用し、ムーン・スペンサーの色彩論に則って得られた設計例に対し、アンケートの結果を報告する。

2. 色彩景観設計の対象橋梁

スパンが 50m 程度で 3 径間連続の桁橋を対象に、その景観設計支援システムを構築する。景観構成アイテムを主桁と高欄の色彩、および、主桁・高欄・橋脚の形状とし、等断面と 4 種類の変断面の主桁、5 種類の高欄、16 種類の橋脚を設定した。また、橋梁の色彩には、よく使用される色彩を含む色相とトーンが様に分布する 64 種類を設定した。その際、塗料の耐久性も考えて選定した。

3. 景観設計支援システムの構造

(1) システムの概要

桁橋の景観設計にあたって、設計技術者が橋梁の情報、周辺の環境条件、橋に対する景色の占める割合、景観コンセプト(表-1)を対話形式でコンピュータに入力し、その入力データに叶った景観案を遺伝的アルゴリズム (GA) で探索し、複数個の景観案をディスプレイ上に提示するようにシステム設計する。なお、橋

表-1 コンセプト

	コンセプト
1	周辺環境との調和
2	シンボル性
3	個性的
4	信頼感
5	親しみやすさ
6	風格のある
7	未来性

表-2 周辺環境

	周辺環境
1	晴天
2	曇り空
3	白雲
4	山(緑山)
5	山(紅葉)
6	川、海
7	市街(ビル)
8	市街(住宅)
9	路面(橋脚含む)
10	岩、土

梁の周辺の景色を表-2 のように設定した。

(2) 橋梁と景色との色彩調和の評価

主桁や高欄と周辺環境とが、色彩上、調和しているかどうか評価するため、ムーン・スペンサーの色彩調和論を適用する。ここに、美度値が 0.5 の基準を越えるものを景観案とした。

(3) 景観構成アイテムの評価

橋梁景観と関連深い 18 個の形容詞対を選定し、景観構成アイテムのもつイメージを形容詞対と関係づけ、点数化した。

(4) コンセプトに対する適応度の算出

景観構成アイテムの組合せからなる多数の景観案がどの程度コンセプトを満たしているかを定量的に評価するために簡略化ファジィ推論を用いた。

(5) 遺伝的アルゴリズムの適用

景観構成アイテムの組合せで作り出される極めて多数の景観案の中から希求する景観コンセプトを満足し、周辺との調和を評価する美度値の高い景観案を探索するため、組合せ最適化問題の一解法である「中立進化説に基づいた遺伝的アルゴリズム」を適用する。

a) 異なった橋梁景観の自動的創生；遺伝子操作

さまざまな景観案を自動生成するため、生物の進化で起こる交叉と突然変異の現象を取り入れる。交叉に一点交叉法、突然変異に一点突然変異を用いる。これらの遺伝子操作によって個体群が局所解に陥ることを防ぐ。さらに、個体に多様性を持たせるため、重複、欠失、逆位の遺伝子操作も施す。

b) パレート保存戦略

組合せ最適化問題に対処するため、パレート保存戦略を適用した。淘汰にあたる操作には、局所解に陥るおそれが少なく、妥協できる解が得られやすい並列選択とシェアリングを用いた。

4. 景観設計支援システムの適用例

図-1 に示す大神橋を対象に、塗装の塗替え時や新設橋への架け替え時を想定し、景観設計する。

(1) 初期設定



図-1 大神橋

現存する大神橋の主桁と高欄の色彩は「水色」と「ねずみ色」である。主桁の面積を単位面積とすれば、周辺環境の面積は、「曇り空」が 0.86,

「緑山」が 10, 「川, 海」が 1.36, 「岩, 土」が 3.1, 「路面 (橋脚を含む)」が 1.5 に設定できる。景観設計のコンセプトを「シンボル性」と「親しみやすさ」を選択した。

(2)探索された景観案

4.1 の条件のもとに景観案を探索したところ、既設桁橋では図-2、新設桁橋では図-3 のようなパレート最適解集合を得た。図から明かなように、いずれの場合もパレート最適解集合が一様に分布している。

既設と新設の桁橋のコンセプト「親しみやすさ」に対する適応度が最大の景観案を比較したところ、主桁と高欄の色彩は同じであったが、主桁と橋脚の形状は新設時ではそれぞれ変断面と円形橋脚になり、全体的に丸みを帯びた形状が選ばれている。これらの結果から、既設桁橋の場合は色彩のみが変更されるのに対し、新設桁橋では主桁と橋脚も親しみやすい形状になる。そのため、コンセプト「親しみやすさ」に対する適応度も高くなっている。すなわち、新設時の場合には、パレート最適解集合の多様性が増し、既設桁橋に比べて幅広く景観設計できることがわかる。

(3)ムーン・スペンサーの色彩調和論の妥当性

ムーン・スペンサーの色彩調和論に基づく美度が、人々の感性と合致するかどうかをアンケート調査によって検討した。アンケートでは、土木工学を専攻する学生 15 名に、表-3 に示す(a), (b), (c)と(d), (e), (f)の 2 組の景観案を用い、「周辺環境とよく調和して美しい」と感じる順に選択するという方法で行った。ここでは、順位相関係数 ρ を用いて、アンケート結果に

表-3 アンケートに用いる景観案のデータ

	主桁の色	高欄の色	美度値
(a)	桜色	若草色	0.901
(b)	紺青	桜色	0.740
(c)	ひまわり色	朱色	0.567
(d)	キャンドルライト	山吹色	0.860
(e)	紅色	鼠	0.719
(f)	ターコイズブルー	スプリングリーフ	0.571

よる人の感性による美しさの順序と、美度値に基づく順位を比較し、その妥当性を検証した。 $-1 \leq \rho \leq +1$ であり、順位が完全に一致すれば +1, 完全に逆であれば -1 となる。その結果、景観案(a), (b), (c)での順位相関係数は 0.8 となり、両者がほぼ同じ順位を示し、ムーン・スペンサーの色彩調和論が本支援システムで最適景観案を探索するための指標として妥当なものであることがわかった。しかし、景観案(d), (e), (f)での順位相関係数は 0.3 で、学生の評価と美度値に基づく順位に違いが現れた。この理由として、つぎのことが考えられる。景観案(f)の主桁の色彩は、橋梁の色彩としてよく用いられる色彩であり、美度値以上に評価が高くなった。また、図-1 において、周辺環境である空の面積比が少なすぎたために、画像上での美度値が低くなりすぎた。

以上の結果から、本支援システムにおいてムーン・スペンサーの色彩調和論は有効であるが、橋梁によく用いられる色彩を使用する場合は、美度値と人の感性に違いが生じるため注意が必要である。周辺環境の面積比は、その画像の視点場に注意する必要がある。

5. あとがき

本支援システムを既設と新設の桁橋に適用したところ、得られた景観案は周辺環境と調和し、かつ、コンセプトを満足するものであった。また、可視化することによって、定量的な評価に用いた方法が有効なものであることが確認された。また、アンケート調査により、ムーン・スペンサーの色彩調和論が色彩調和の評

価に適したものであることがわかった。しかし、配色や視点場によっては人々の評価と異なる場合がある。

参考文献

- 1) 古田ら：多目的 GA による中小橋梁の景観設計支援システムに関する研究，構造工学論文集，土木学会，Vol.45A，pp.465-475，1999。

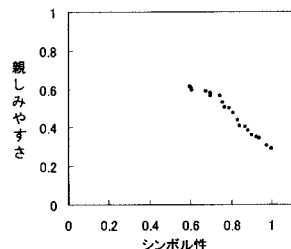


図-2 既設桁橋でのパレート最適解

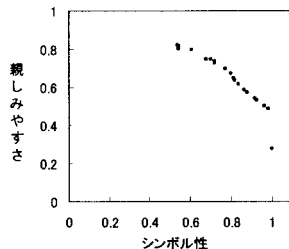


図-3 新設桁橋でのパレート最適解